

Швець Є.Я., проф., Кісельов Є.М., доц., Верьовкін Л.Л., доц., Світанько М.В., доц.

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ ДАТЧИКАМИ МОНОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ

Запорізька державна інженерна академія, кафедра ФБМЕ

Стандарти побудови приладів інфрачервоної спектроскопії вмісту монооксида вуглецю (СО) вимагають врахування похибок, виникаючих при зміні тиску і температури повітряної суміші. Найбільш ефективним засобом підвищення ступеня точності таких пристроїв є корекція похибок. Вимогам зі швидкодії і точності визначення концентрації СО відповідають вимірювальні системи, розроблені на принципах адаптивних систем керування, що допускають зміни своїх параметрів і структури при зміні характеристик об'єкта і умов роботи [1]. Тому актуальним є дослідження адаптивної корекції датчиків випромінювання системи визначення концентрації СО.

Існуюча система вимірювання концентрації монооксида вуглецю в повітрі [1] у якості датчиків випромінювання використовує болометри, що не дозволяє врахувати вплив заважаючих факторів. Тому було розроблено структуру датчика, що містить 3 приймачі випромінювання: для вимірювання рівня СО; для обліку поглинання випромінювання молекулами води; для калібрування оптичного каналу. Результати моделювання датчика [2] показали, що він відрізняється додатковою фотогенерацією в приповерхневій області р-п переходу і залежністю передавальної характеристики від зовнішнього керування.

Систему визначення концентрації монооксида вуглецю, згідно другому методу Ляпунова, можливо відобразити на рівні різних ступіней докладності. Якщо брати до уваги перший порядок точності вимірювальних величин, то адаптивна система буде мати крок зміни вхідної величини, що дорівнює 5 і відповідну модель, щодо визначення похибки можливо задати рівнянням:

$$\bar{e} = 4e + (a_c + Q_v - 4) \cdot X_s, \quad (1)$$

де X_s – вихідний сигнал датчика СО, a_c – коефіцієнт корекції, Q_v – матриця параметрів, що налаштовуються.

Тоді рівняння закону адаптивної корекції матиме вигляд:

$$a_c(t) = \alpha \int_{t_0}^t e X_s dt + \beta X_s + a_c(t_0), \quad (2)$$

де $\alpha > 0$ та $\beta \geq 0$ – довільні константи.

Таким чином, структуру системи адаптивної корекції можливо представити у середовищі VisSim, як показано на рис. 1. Встановлено, що під дією дестабілізуючого впливу, що відбувається у момент часу $t=1$ похибка вимірювальної величини стрімко зростає. Це призводить до відповідного збільшення величини регулюю-

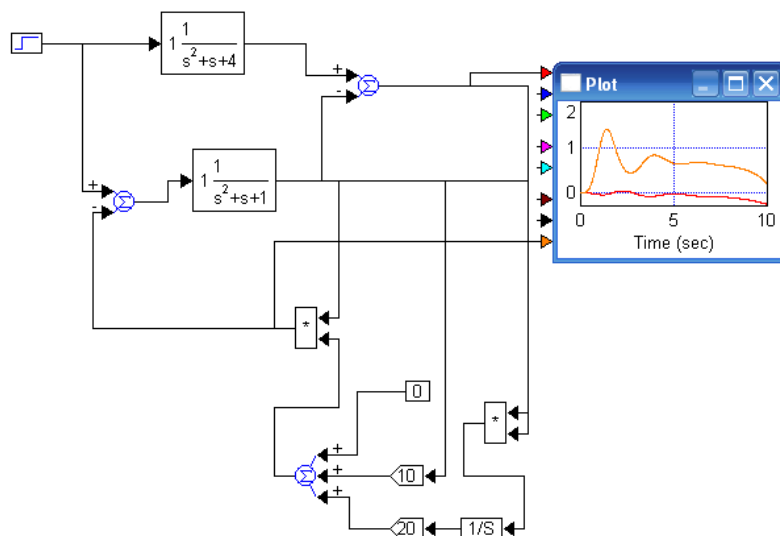


Рисунок 1 – Структура системи адаптивної корекції першого порядку

чого впливу з метою компенсації негативного впливу. Т. ч. адаптивний корегуючий пристрій протягом часу $t=27$ мс повністю стабілізує сигнал на виході вимірювальної системи і мінімізує величину похибки котра дорівнює 0,2.

З метою дослідження впливу параметрів системи адаптивної корекції на якість регулювання було виконано розрахунок параметру часу встановлення (t) та амплітуди похибки (e_{max}) для різних значень β . При цьому залежність часу встановлення та амплітуди похибки від значення коефіцієнта підсилення β при значенні коефіцієнта $\alpha = 50$ наведено на рис. 2а. Т.ч., зміна значень β від 1 до 100 дозволяє обирати комплексне рішення між часом встановлення і максимальною за модулем амплітудою похибки відхилення. Крім того у точках перетину залежностей часу встановлення $t_s(\beta)$ та амплітуди похибки $e_{max}(\beta)$ спостерігаються оптимальні значення параметрів системи адаптивної корекції щодо часу встановлення (t) мінімальної похибки вимірювань й максимальної амплітуди (e_{max}). З умови мінімізації параметрів системи з двох режимів було обрано значення $t_s = 4,2$ мс, $e_{max} = 0,11$ при $\beta = 17$, $\alpha = 50$.

Вплив значення константи α на функціонування системи адаптивної корекції першого порядку ілюструють залежності $t_s(\beta)$ і $e_{max}(\beta)$ отримані при значеннях $\alpha = 75$, $\alpha = 100$ (рис. 2б, 2с). На відміну від залежностей при $\alpha = 50$, залежності при $\alpha = 75$, і $\alpha = 100$ мають тільки один оптимальний режим, що співпадає зі значеннями при $\beta=50$ на рис.2а. Тому оптимальні значення часу встановлення t_s та амплітуди похибки e_{max} для $\alpha = 50$ і $\beta = 17$ можливо залишити без змін.

Якщо врахувати другий порядок точності вимірювальних величин, то система адаптивної корекції описується рівнянням:

$$\bar{e} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -2 \end{bmatrix} \cdot \bar{e} + \begin{bmatrix} 0 \\ K - K_v K_c \end{bmatrix} \cdot u(t), \quad (3)$$

де $u(t)$ – скалярний вхідний вплив, K_v ($K_v > 0$) – постійний невідомий коефіцієнт датчика, K_c – коефіцієнт датчика, який настроюється, K ($K=const$) – стала

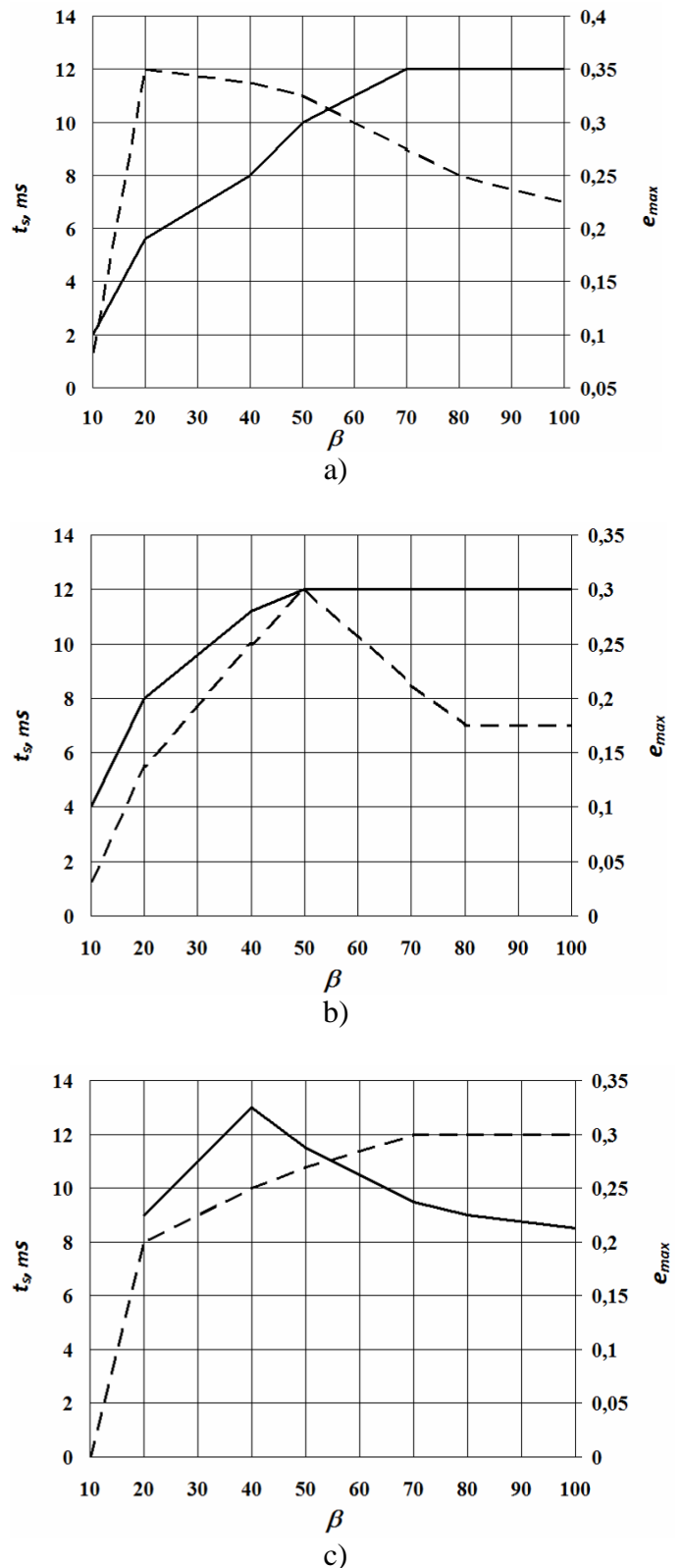


Рисунок 2 – Залежності часу встановлення t_s та амплітуди e_{max} похибки від коефіцієнта підсилення β при: а) $\alpha = 50$; б) $\alpha = 75$; в) $\alpha = 100$

величина.

Тоді вираз закону адаптивної корекції K_c матиме вигляд:

$$K_c = \gamma \left[\int_{t_0}^t (eu + \bar{e}u) dt \right] + K_c(t_0), \quad (4)$$

де γ – довільна константа.

Структуру системи адаптивної корекції другого порядку можливо представити у середовищі VisSim як показано на рис. 3. Результати дослідження такої структури наведені на рис. 4.

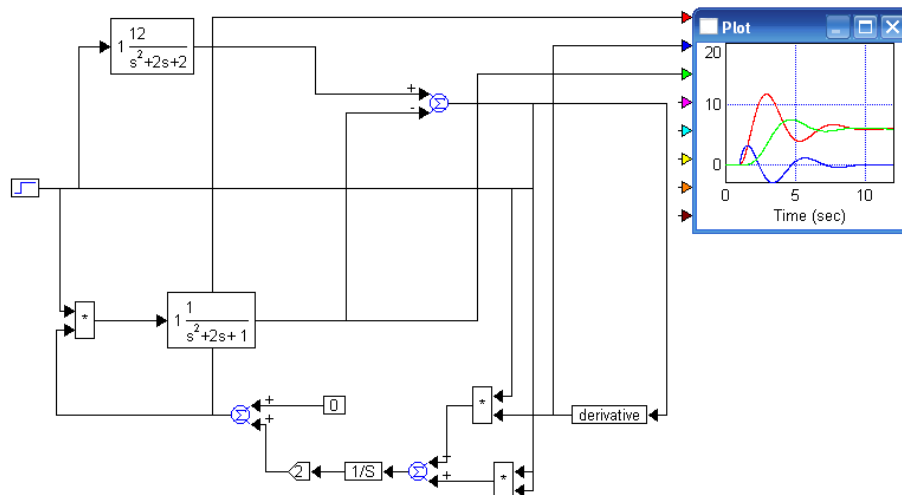


Рисунок 3– Структура системи адаптивної корекції другого порядку

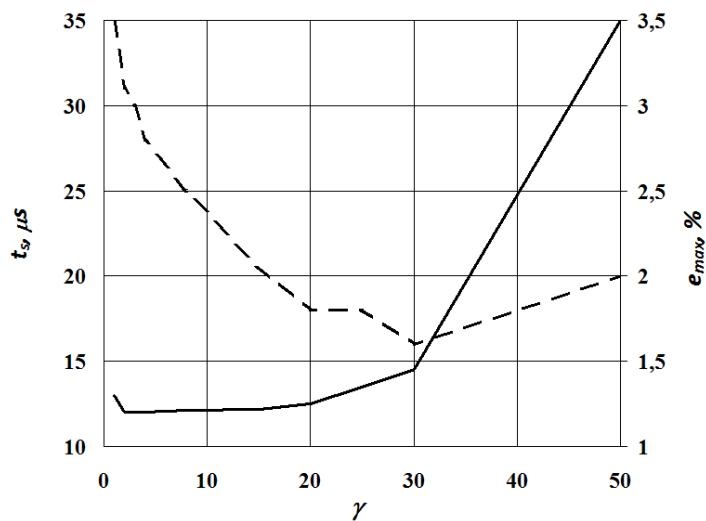


Рисунок 4 – Залежність часу встановлення t_s та амплітуди e_{max} похибки від коефіцієнта підсилення γ

Т.ч., проведені дослідження дозволили встановити, що оптимальні параметри системи адаптивної корекції другого порядку становитимуть $\gamma=32$. Тоді час встановлення дорівнює 16 мкс., амплітуда похибки – 1.6.

На основі модифікованої моделі адаптивної корекції було розроблено схему електричну принципову блоку адаптивної корекції [3]. Основою розробленого блоку є мікроконтролер AVR AtMega8, що реалізує алгоритм адаптивного керування.

Моделювання блоку адаптивного керування датчиками концентрації CO проводилось у середовищі Proteus. Проведені дослідження підтверджують працездатність розробленого блоку і програмного забезпечення, а також дозволили встановити оптимальний розмір програмного коду.

Висновки:

1. Створено математичну модель системи адаптивної корекції, засновану на використанні модифікованого другого методу Ляпунова до керування датчиками монооксиду вуглецю. Дослідження розробленої моделі показали, що оптимальні параметри системи адаптивної корекції становитимуть при значенні коефіцієнта $\gamma=32$. При цьому час встановлення дорівнює 16мкс., а максимальна амплітуда похибки – 1.6. Система адаптивної корекції має оптимальний режим роботи, зі збільшеними параметрами часу встановлення та максимальної амплітуди похибки.

2. Показано, що максимальне відхилення сигналу керування становить 160 мВ і за час 27 мс система повністю компенсує дію перешкоди та стабілізує похибку вимірювань на рівні 0,2%.

3. Дослідження розробленого блоку і програмного забезпечення підтверджують працездатність і показали, що розмір програмного коду становить 12,2 кБайт, а швидкодія при цьому знаходиться на рівні 12 мс.

Література

1. Швець, Е. Я. Система контролю оксиду вуглецю в промислових приміщеннях [Текст] / Е. Я. Швець, Е. Н. Киселев, А. С. Сечин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. - №2/9 (68). – С. 33 – 37.

2. Костенко, В. Л. Измерительные преобразователи на основе комбинированных твердотельных структур: научное издание [Текст] / В. Л. Костенко, Е. Я. Швець, Е. Н. Киселев, Н. А. Омельчук. – Запорожье: ЗГИА, 2001.- 101с.

3. Паталаха, А. С. Розробка моделі адаптивної корекції системи визначення концентрації монооксиду вуглецю [Текст] / А. С. Паталаха, Є. М. Кісельов // Матеріали XVIII науково – технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів ЗДІА. Електроніка, автоматизовані системи та сучасні інформаційні технології. Том III, 15-19 квітня 2013 р. – Запоріжжя: ЗДІА, - 2013. – С. 22.